PROSPECTIVA
ISSN: 1692-8261
rprospectiva@gmail.com
Universidad Autónoma del Caribe
Colombia

Forero Pinilla, Álvaro Hernando; Ardila Barragán, Marco Antonio; Díaz Bello, Sandra Consuelo
Caracterización y beneficio de un mineral de magnetita para lavado de carbones en medios densos
PROSPECTIVA, vol. 6, núm. 1, enero-junio, 2008, pp. 18-22
Universidad Autónoma del Caribe

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250973004

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Caracterización y beneficio de un mineral de magnetita para lavado de carbones en medios densos

Álvaro Hernando Forero Pinilla*, Marco Antonio Ardila Barragán, Sandra Consuelo Díaz Bello*****

*Director Grupo de Materiales Siderúrgicos UPTC, Tunja. Email:alher31@hotmail.com
**Docente UPTC, Programa de Ingeniería Metalúrgica.
***Joven Investigadora Grupo GMS. UPTC-Tunja

RESUMEN

En el campo del procesamiento de los minerales, partiendo de la mena tal como se extrae de la mina o en forma de mineral en bruto, se obtienen minerales metálicos valiosos y minerales de desecho o ganga. El objetivo del presente trabajo es mostrar el resultado de una serie de ensayos de laboratorio hechos a una magnetita procedente del municipio de Payandé (Tolima), que condujeron a su caracterización y concentración. Al mineral se le analizó petrográfica y, químicamente, por espectrometría de absorción atómica y por microscopia electrónica de barrido. Igualmente se le benefició utilizando la Concentración Magnética con el objeto de producir un concentrado de magnetita que puede ser utilizado industrialmente para reducción directa y/o lavado de carbones. Generalmente, la limpieza de los carbones se hace con técnicas físicas, las cuales pueden remover la materia distinta al carbón, utilizando la diferencia de densidades (Drewboy, tambor, Wemco, espirales, ciclones) o las variaciones de las propiedades superficiales (celdas de flotación). El tamaño de los granos del carbón crudo define el método del lavado a seguir, así, mientras en los granos gruesos y aun en los medios o finos tiene gran influencia la densidad de los productos, en los extra finos la importancia la adquieren los fenómenos de tensión superficial perdiendo a su vez la densidad. Por lo tanto se recomienda la utilización de la magnetita para el lavado de carbones por medios densos.

Palabras clave: Magnetita, lavado de carbones, medios densos.

ABSTRACT

In the field of the processing of ores, starting off of the mena as it is extracted of the mine or in ore form in gross, valuable and ore metallic ores of remainder or gangue are obtained. The objective of the present work is to show the result of a series of tests of laboratory done a magnetite coming from the municipality of Payandé (Tolima), that lead to their characterization and concentration. To the ore petrográfic was analyzed to him and, chemically, by spectrometry of atomic absorption and electronic microscopy of sweeping. Him benefit being also used the Magnetic Concentration with the intention of producing magnetite concentrating that can industrially be used for direct reduction and/or coal washing. Generally, the cleaning of coals takes control of physical techniques, which can remove the matter different from the coal, using the difference of densities (Drewboy, drum, Wenco, spirals, cyclones) or the variations of the superficial properties (cells of flotation). The size of grains of the crude coal defines the method of the washing to follow, thus, while in heavy grains and in fine means or it even has great influence the density of products, in the extra fine the importance acquire the phenomena of superficial tension losing as well the density. Considering all the previous one the use of the magnetite for the coal washing is recommended by dense means.

Keywords: Magnetite, coal washing, dense- medium.

INTRODUCCION

La magnetita es un mineral formado principalmente por Fe_3O_4 (óxido ferroso férrico) y que constituye una importante mena de hierro, el mineral puro contiene un 72 % de hierro. Se presenta en masas densas, frágiles y de color negro, lo mismo el trazo que produce, con brillo metálico, densidad 5,2 [g/cm^3] y dureza comprendida entre 5 y 6,5, y posee propiedades magnéticas. Para su caracterización el análisis petrográfico ayuda a la identificación de los componentes mineralógicos presentes en la muestra. La petrografía utiliza técnicas de luz transmitida y luz reflejada, para caracterizar especies mineralógicas translúcidas y opacas respectivamente. En el análisis químico se determinan las cantidades en porcentaje de los elementos presentes en la muestra por técnicas de análisis volumétrico. Por medio de esta técnica se busca establecer la cantidad o concentración en que se encuentra una sustancia específica en una muestra. Los análisis volumétricos dependen de la medición de volúmenes de disoluciones que reaccionan con el componente. El análisis por espectrometría de absorción atómica complementa los resultados de su composición química, al igual que lo obtenido por microscopia electrónica de barrido, lográndose así su caracterización química [1]. La magnetita raramente se encuentra en la naturaleza con un alto grado de pureza, por consiguiente se hace necesario concentrarla según su utilización, como es el caso de la reducción directa para la obtención de aceros y el lavado de carbones.

El objetivo del beneficio de los minerales, es separar los minerales en dos o más productos con el mineral de interés en los concentrados, la ganga en las colas y las partículas entrelazadas en los medios. Para medir o cuantificar la eficiencia del proceso de concentración se debe relacionar el peso de la alimentación con el peso de los concentrados, esto se conoce como relación de concentración. La retención magnética se fundamenta en la propiedad física que tiene la magnetita de ser permeable naturalmente al magnetismo [2]. Para el caso del lavado de carbones por medios densos se hace necesario tener una magnetita de alta pureza identificada según la norma ISO 8833 en donde la densidad relativa debe ser del orden de 4,85 %, contenido magnético 97 %, y granulometría de tamaños menores a 60 micras 85% [4].

Estudios realizados en programas de tecnologías limpias de carbón han demostrado que limpiar el carbón es el método más sencillo y económico para el control de emisiones en diferentes procesos, por cuanto se pueden reducir las cenizas en porcentajes superiores al 3% y el azufre pirítico alrededor del 40% en consecuencia, mejora el poder calorífico del carbón a unos costos razonablemente ventajosos optimizando su eficiencia térmica. Para lavar tamaños gruesos (>10mm) y los finos (<10 y >0.5mm) se emplean métodos de separación densimétrica, y para extrafinos se emplea flotación con espuma. En el lavado de carbones por diferencia de densidades, sirve cualquier liquido con gravedad especifica comprendida entre 1,2 y 2,7; sin embargo, técnica y económicamente el medio denso mas eficiente es una mezcla ajustable de agua y magnetita en suspensión; el proceso permite recuperar la magnetita y tratar el agua para reciclarlas.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La magnetita fue caracterizada petrográficamente, químicamente, por absorción atómica y microscopia electrónica de barrido. Se tomaron ocho muestras de mineral las cuales fueron acondicionadas para los diferentes ensayos teniendo en cuenta fundamentalmente la granulometría. Posteriormente la magnetita fue concentrada en un concentrador magnético de tambor.

Análisis petrográfico

Descripción macroscópica:

ASPECTO: Material granular complejo de alto peso especifico, magnético con presencia de minerales opacos y translucidos.

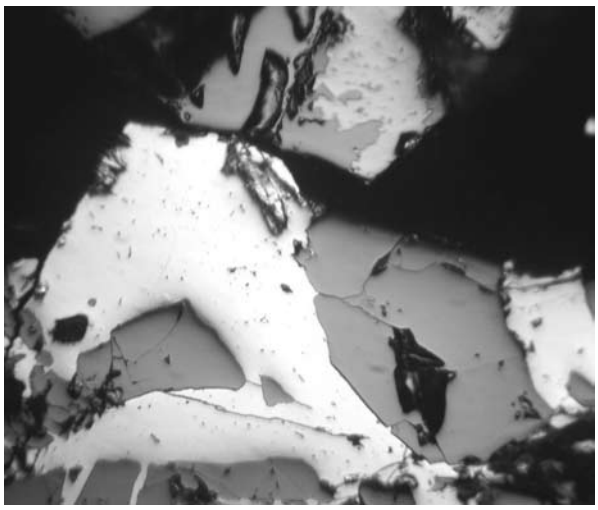
COLOR: Gris oscuro a negro con ocasionales partículas irregulares de color amarillo latón (minerales opacos), venillas de color blanco lechoso con minerales romboédricos presentando buena exfoliación y aglomerados finos de color verdoso (minerales translucidos)

COLOR DE RAYA: Gris oscuro a negro.
DUREZA: De 5 – 6 en la escala de Mohos.
HÁBITO: Granular con excoriaciones finas.

Descripción microscópica: Asociación de minerales traslúcidos y metálicos. Entre los minerales traslucidos se presentan silicatos de calcio y magnesio, carbonatos de calcio así: Piroxenos, wollostonita, granates y calcita. Los metálicos principales son magnetita, calcopirita y blenda. Estos últimos son cruzados por venas y venillas de calcita y mezcla de piroxenos (diopsido), wollostonita (euhedrales y con forma tabular). El granate de comportamiento ocasional seudoisotrópico corresponde a grosularia y como trazas piropo, típico de rocas intermedias ricas en calcio que han sufrido un reemplazamiento metasomatico e hidrotermal como producto de segregación con formación de magnetita. La calcita como mineral traslúcido se presenta en mayor porcentaje en cristales rómbicos con buena exfoliación y maclado polisintético, reemplaza por metasomatismo los piroxenos. También como mineral secundario se presenta clorita con habito radial

en cristales fibrosos finos y reemplaza los piroxenos. Ocasionalmente hay presencia de serpentina.

Figura 1. Calcosina (azul) en magnetita y calcopirita rellenando fracturas de magnetita (amarillo latón). (Probeta pulida. Nicoles paralelos. 50X aceite).



NOTA: El porcentaje composicional de minerales opacos efectivos totales en la muestra (incluyendo los traslucidos) es:

MAGNETITA	52.31%
BLENDA	9.25%
CALCOPIRITA	4.55%
PIRITA	1.65%
CALCOSINA	1.24%
TRASLUCIDOS	31.00%
TOTAL	00.00%

Figura 2. Calcopirita en magnetita.

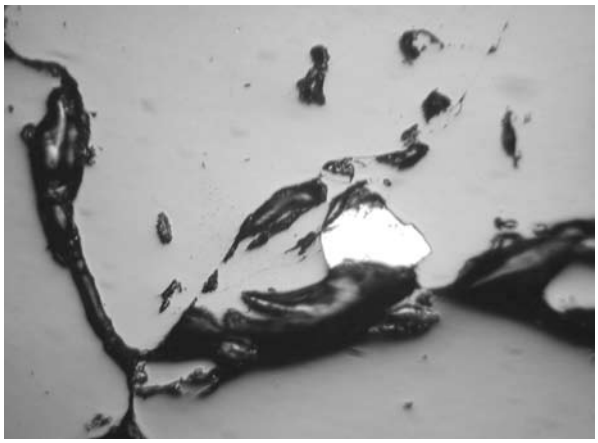
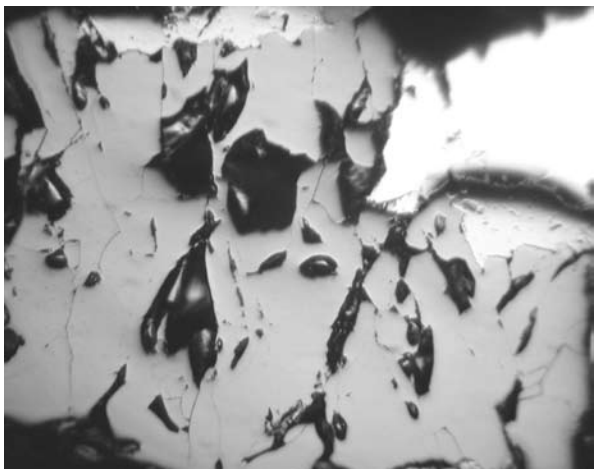


Figura 3. Calcocina (azul) en magnetita (gris) y calcopirita (amarillo)



Análisis químico. Para este tipo de análisis se tomaron muestras representativas del mineral y se prepararon en tamaños de acuerdo con los requerimientos de los procedimientos.

Los resultados de las marchas químicas se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Contenido en porcentaje de elementos presentes en la muestra.

Elemento	Contenido (%)
Hierro	42.33
Magnesio	0.75
Silicio	10.61
Manganeso	0.61
Calcio	16.54

Análisis por espectrometría de absorción

Para lograr analizar una muestra del mineral por esta técnica es necesario preparar la muestra disolviéndola para formar una solución. Para asegurarse de una disolución completa de la muestra es necesario fundir el mineral antes de disolverlo [1]. Para esto se introdujeron en una mufla una mezcla compuesta de 1g de mineral y 3g de fundente colocados dentro de un crisol de platino, esta mezcla se mantuvo 15 minutos a una temperatura de 950 ºC hasta su completa fusión. El producto fundido fue disuelto en 75 ml de ácido clorhídrico y a su vez esta solución se disolvió hasta 250 ml. A esta solución fue necesario hacerle una segunda disolución, para lo cual se tomo 1 ml de ella y se disolvió con agua destilada hasta 10 ml.

En esta técnica es indispensable tomar como referencia muestras patrón que son preparadas con concentraciones conocidas, para con esto construir una gráfica de absorbancia contra concentración (ppm).

La lectura de absorbancia del equipo en la muestra problema se lleva a la gráfica para determinar la concentración del elemento en la solución. Los resultados de los análisis se aprecian el la tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de elementos presentes en el mineral por espectrometria.

Elemento	Muestra 1 (%)	Muestra 2 (%)
Hierro	43.2954	39.2313
Silicio	10.61	------
Manganeso	0.0	0.0
Calcio	20.9	15.92

Análisis por microscopia electrónica. Se preparó el mineral con diferentes granulometrías para montar cuatro probetas y analizarlas con microscopia óptica y electrónica. Se clasificó por tamaños el mineral triturado y pulverizado haciendo pasar por tamiz número 100. Una probeta se montó con el mineral que pasó por el tamiz malla 100, otra probeta con el mineral que no pasó por el tamiz, una tercera probeta se montó con el mineral resultante de una mezcla entre el mineral que pasó y no pasó a través de la malla. La cuarta probeta se preparó con un trozo de mineral sin pulverizar, con un tamaño de partícula aproximado de ¾".

Probeta mezcla. Probeta con la mezcla de minerales que pasaron y no pasaron por el tamiz malla 100. En esta probeta se identificaron 3 fases. Las figuras 4 y 5, muestran las micrografías del mineral en la probeta Mezcla a 200X, en el primero y en segundo microanálisis; la figura 4 es la micrografía de la muestra que genero electroestática. En los que se aprecian los diferentes tipos de fases o granos encontrados.

Figura 4. Micrografía probeta mezcla 200X (probeta con electrostática).

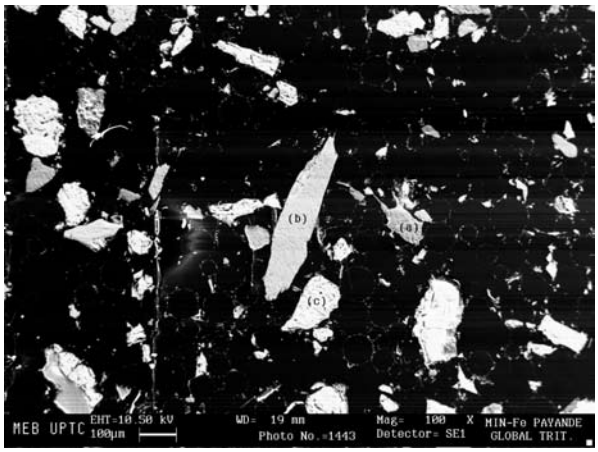
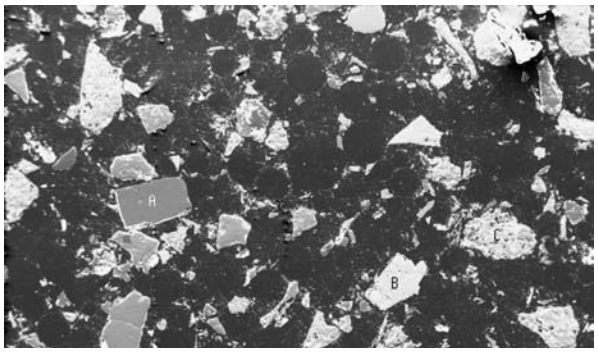


Figura 5. Micrografía probeta mezcla 200X, segundo análisis.



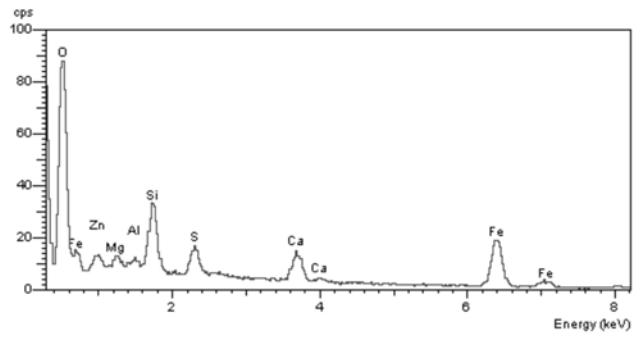
En la probeta mezcla se pueden diferenciar claramente 3 tipos de granos denominados A, B y C; pero, en un análisis más detallado se observó un cuarto tipo de grano, el cual se llamó D. Se realizaron microanálisis por campos en donde la zona estudiada contiene cantidades aproximadamente iguales de los diferentes tipos de granos. Se promediaron los resultados obtenidos en el microanálisis de cada campo; los resultados se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3. Microanálisis por campos de la probeta Mezcla.

			Mineral Payandé Muestra "Mezcla"							
Elemento	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total	Promedio
Oxígeno	41.8	44.7	40.8	26.1	47.4	40.2	37.8	44.5	323.3	40.4
Silicio	17.6	17.7	7.6	29.8	17.5	24.0	23.9	21.8	159.9	20.0
Calcio	9.0	17.6	6.2	25.5	19.8	9.5	16.9	11.3	106.8	13.4
Hierro	17.7	13.8	40.9	12.3	14.3	22.2	14.0	11.9	147.1	18.4
Azufre	6.5	0.9	0.8	1.1	3.4	1.6	1.8	1.9	18.0	2.3
Zinc	3.0	0.4	0.5	0.5	1.8	0.4	0.5	0.5	7.6	1.0
Magnesio	2.5	2.8	2.0	2.4	3.3	1.8	4.1	5.0	23.9	3.0
Aluminio	1.8	2.1	1.2	2.3	1.5	0.3	1.1	3.1	13.4	1.7

Los elementos que en promedio tienen mayor presencia son el oxígeno, silicio, calcio y hierro. También se observa la presencia de elementos como el azufre, zinc, magnesio y aluminio con concentraciones muy bajas. En la figura 6 se observa el espectro correspondiente a este análisis.

Figura 6. Espectro microconstituyentes en análisis global de la probeta mezcla.



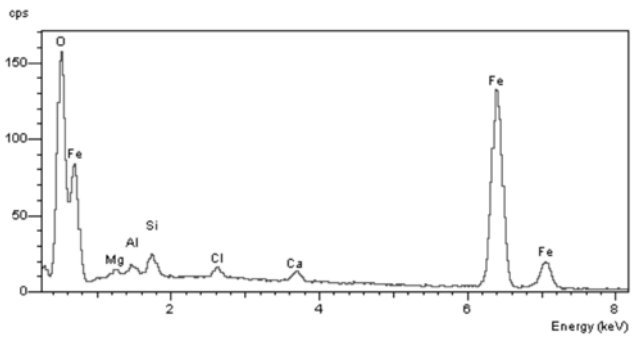
A cada una de las fases observadas en la micrografía se le practicó un microanálisis.
La fase C presenta elevados contenidos de hierro y de oxígeno, siendo esta fase un óxido de hierro. En al figura 7 se aprecia el espectro del microanálisis de la fase C en donde se aprecian otros elementos en cantidades muy pequeñas.

La tabla 4 muestra le porcentaje de los elementos presentes en cada fase, resultado del microanálisis.

Tabla 4. Microconstituyentes probeta Mezcla.

Mineral Payandé Muestra "Mezcla"				
Elemento	**Microconstituyentes**			
	(A)	(B)	(C)	(D)
Oxígeno	18.3		30.5	15.2
Silicio			1.9	38.9
Calcio	81.0		2.5	33.8
Hierro		0.3	57.1	9.8
Azufre		39.2		
Zinc		60.5		
Magnesio			1.0	
Aluminio			1.9	3.3
Manganeso	0.7			
Cloro			2.3	

Figura 7. Espectro fase (c) probeta mezcla



Concentración magnética. La retención magnética se fundamenta en la propiedad física que tiene la magnetita de ser permeable naturalmente al magnetismo. Realizándose el ensayo en un concentrador magnético de tambor, se trató una muestra de mineral finamente molido de 80-100 mallas. Se pesaron 1000 gramos y se sometieron a concentración magnética con una alimentación lenta en la tolva receptora la cual dejó caer sobre el tambor el mineral durante un período de tiempo en el cual se retuvo el 69% en peso de la carga. Ya que en las operaciones de concentración de minerales no se alcanza una separación completa de las partículas de mineral y ganga, es necesario recircular los productos obtenidos, para lograr aumentar la relación de concentración. El mineral circuló por el concentrador en tres ocasiones, hasta obtener una retención total de material magnético.

Para su aplicación en lavado de carbones, se hace necesario adecuar la magnetita a las condiciones establecidas por la norma ISO 8833, donde especifica una densidad de 4.8 g/cm^3 a una granulometría mayor de 60 micras [3]. Para estas condiciones, la preparación de un metro cúbico de medio denso con densidad de 1.3 g/cm^3, requiere 411.5 Kg. de magnetita.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La caracterización de este mineral de magnetita muestra un tenor del 58,45% de Fe_3O_4, no suficiente para utilizarlo industrialmente ya sea como materia prima para la producción de aceros o en el proceso de lavado de carbones por líquidos densos.

- Al llevar la magnetita a una granulometría de 100 mallas, únicamente se obtuvo un concentrado con 71,48% de magnetita, no suficiente para procesos industriales. Por lo cual se recomienda llevar el mineral a una granulometría más fina entre 60-80 micras, concentrarlo magnéticamente, elevando el contenido de Fe_3O_4, liberando así gran parte de la ganga.

- Al concentrar el mineral de magnetita hasta un contenido cercano al 96% Fe_3O_4, este podría ser utilizado en lavado de carbones por medios densos cumpliendo con la norma ISO 8833.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] ACOSTA, H. Yezid Rolando. Diseño de un concentrador magnético tipo tambor. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Metalurgia. UPTC. 2004

[2] OTERO DE LA GANDARA, J. L. Operaciones de Separación en Metalurgia Extractiva. Madrid : Alhambra, 1976. p. 37 – 67

[3] BENÍTEZ, Dora Marcela Ramírez. Estudio de lavabilidad de los carbones de las provincias de Ubaté y Sabana centro con el fin de determinar el tipo de planta lavadora para beneficio de los carbones de la región. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Metalurgia. UPTC. 2001

[4] OSBORNE, D.G., Coal preparation technology. Dense- Medium separation. Graham y Trotman Inc. (6):199-229. USA. Oxford. 1988.